40.6 Millikan's Oil Drop Experiment | 40.6 تجربة قطرة الزيت لمليكان

6.1 Elementary Charge | 6.1 الشحنة الأساسية (الأولية)



أندريه أمبير André Ampère (1775-1836): فيزيائي فرنسي له فضل كبير في اكتشاف الكهرومغناطيسية. أُطلق اسمه على وحدة قياس التيار الكهربائي.



شارل كولوم Charles Coulomb (1736-1806): فيزيائي فرنسي، اكتشف قانون القوة الكهربائية بين الجسيمات المشحونة، وسُميت وحدة قياس الشحنة الكهربائية باسمه.

- ✓ الشحنة الأولية (الأساسية)Elementary Charge: مقدار الشحنة الكهربائية لإلكترون واحد فقط. وشحنته تساوي: $q_e = e = -1.602 \times 10^{-19} C$
- ✓ الكولوم Coulomb: وحدة قياس الشحنة الكهربائية في النظام الدولي للوحدات (SI)، ويساوي $(1C = 6.25 \times 10^{18} e)$
- ✓ الكولوم كمية كبيرة جداً من الشحنة لهذا يتم التعامل مع اجزاء الكولوم في الحسابات الكهربائية. مثل وحدة المايكرو. $1\mu C = 10^{-6} C$ ووحدة النانو $1nC = 10^{-9} C$.
- ✓ الامبير Ampere: هو وحدة تدفق الشحنة الكهربائية أو التيار الكهربائي، ويساوي واحد كولوم لكل ثانية (1C/s). $[1C = 1A.s]$

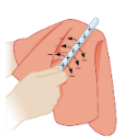
- ▪ Elementary charge (e): is the electric charge carried by a single electron, which has charge −1e.
- ✓ Coulomb (C): is the standard unit of electric charge in the International System of Units (SI).
- ✓ Colom is a very large amount of charge, so the parts of the coulomb are treated in electrical calculations. Like a micro C and Nano C.
- ✓ Ampere: a unit of electric current equal to a flow of one coulomb per second.

6.2 Conservation of charge | 6.2 حفظ الشحنة

1. **قانون حفظ الشحنة**: الشحنة لا تفنى ولا تستحدث، ولكن تنتقل من جسم إلى أخر. والكمية الكلية للشحنة الكهربائية في النظام المعزول محفوظة.
2. مجموع الشحنات الجبري في النظام المغلق مقدار ثابت.
3. **قوانين الحفظ الاربعة**: حفظ الطاقة، وحفظ كمية الحركة، وحفظ كمية الحركة الزاوية.وحفظ الشحنة.

1. Law of Conservation of charge: The charge is not created or destroyed, simply moved from one object to another. The total amount of electric charge in an isolated system is conserved.
2. The algebraic sum of all the electric charges in any closed system is constant.
3. fourth conservation laws: total energy, momentum, and angular momentum.

- ▪ عند دلك قضيب زجاجي بقطعة حرير، تتولد شحنة موجبة على قضيب الزجاج، وفي نفس الوقت تتولد شحنة سالبة بنفس المقدار على قطعة الحرير، أي أن الالكترونات انتقلت من قضيب الزجاج إلى قطعة الحرير، ويعتبر قضيب الزجاج وقطعة الحرير نظاماً معزول وتكون الشحنة في هذا النظام محفوظة. وعند إعادة تلامسهما معاً تعود الإلكترونات إلى أماكنها ويتعادل الجسمان.



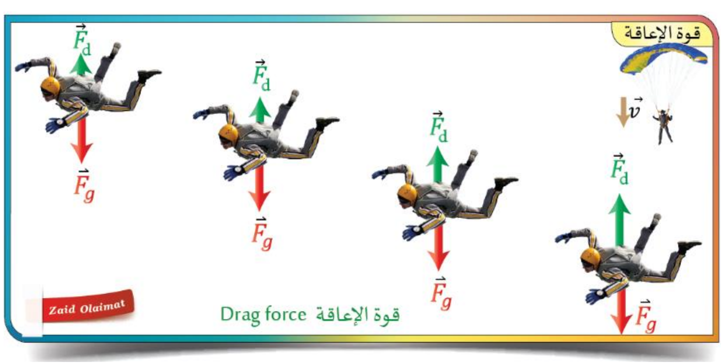
6.3 Drag force and Stokes' law | 6.3 القوة المعيقة وقانون ستوك

مقدمة:

- ▪ قوة الإعاقة $\vec{F}_d$ Drag Force: هي قوة الممانعة التي يؤثر بها مائع على جسم يتحرك خلاله، فكلما زادت سرعة الجسم زاد مقدار هذه القوة، كما تعتمد على شكل الجسم وخصائص المائع مثل اللزوجة ودرجة حرارته.
- ▪ في البداية تكون القوة المعيقة أقل بكثير من قوة الجاذبية، وكلما ازدادت السرعة المتجهة للجسم ازدادت معها القوة المعيقة، إلى أن تتساوى القوتان فتصبح القوة المحصلة على الجسم تساوي صفراً وكذلك التسارع. وهنا يسير الجسم بسرعة ثابتة تسمى السرّعة الحدّية Terminal velocity.
- ▪ قوة الطفو $\vec{F}_b$ Buoyant Force : هي القوة التي يدفع بها المائع الجسم إلى أعلى وتعادل وزن المائع المزاح بوساطة الجسم، تساوي كثافة المائع المغمور فيه الجسم مضروبا في حجم الجسم وفي تسارع الجاذبية الأرضية. $F_{الطفو} = V\rho g$

- ▪ الوزن الظاهري: هو القوة المحصلة الرأسية إلى أسفل للجسم المغمور، وهي أقل من وزنه الحقيقي في الهواء. ويمكن ايجاده من المعادلة: $F_{الظاهري} = F_g - F_{الطفو}$

الشكل 40.9



السير جورج جابريل ستوكس (1819 - 1903): عالم رياضيات وفيزياء بريطاني. له إسهامات عديدة في مجالات ديناميكا الموائع، البصريات والفيزياء الرياضية. وقد تولى رئاسة مجتمع لندن الملكي. وتعد أهم إسهاماته وأشهرها ما يعرف باسم معادلة نافيير - ستوكس مع العالم الفرنسي نافيير، ونظرية ستوكس المعروفة باسمه في الهندسة التفاضلية.



قانون ستوكس (Stokes' law): صاغه العالم جورج ستوكيس. وينص على أن «قوة مقاومة المائع (قوة اللزوجة Resistive force) لكرة تسقط سقوطاً حراً فيه تتناسب طردياً مع معامل لزوجة هذا المائع، وقطر الكرة وسرعتها الحدية». $\overrightarrow{F_R} = 6\pi\eta r\vec{v}$، يستخدم هذا القانون ايضاً لحساب لزوجة السوائل وسرعة الترسيب

روبرت مليكان Robert A. Millikan (1868-1953): عالم امريكي حصل على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1923 عن أعماله في قياس شحنة وكتلة الإلكترون وأعماله في اثبات تجربة آينشتاين في التأثير الكهروضوئي. كما توصل إلى القيمة الدقيقة لثابت بلانك.



مايكل فارادي Faraday (1791-1867)كيمائي وفيزيائي إنجليزي. وضع أسس الكهرومغناطيسية. واكتشف نظرية المحاثة والنفاذية. واكتشف البنزين. وسُميت وحدة قياس سعة المكثف باسمه.



6.4 Millikan's experiment theoretically | تجربة مليكان نظرياً 6.4

➢ **نشاط: 6.1 تجربة مليكان 1909م:**

▪ سؤال التجربة: كيف تم حساب شحنة الإلكترون؟

هدف التجربة:

1. إيجاد شحنة الإلكترون.
2. إثبات ان شحنة أي جسم هي مضاعفات صحيحة لشحنة الالكترون.

الأجهزة والأدوات:

1. جهاز مليكان Millikan apparatus يتكون من لوحين معدنيين متوازيين بينهما مسافة (8 mm) تقريباً، يُشحن اللوح العلوي بشحنة موجبة واللوح السفلي بشحنة سالبة.
2. مصدر جهد عال يمكن تغير قيمته (من خلال مقاومة متغيرة يعمل كمجزئ للجهد).
3. أسطوانة تحتوي على فتحة لرش الزيت توجد مباشرة فوق الصفيحتين.
4. فتحة جانبية بالأسطوانة تستخدم لمرور أشعة اكس لتأين الهواء.
5. مصباح لإنارة الحجرة مثبت في جانب الاسطوانة حتى يمكن من رصد قطرات الزيت بواسطة المجهر (الميكروسكوب) بقوة تكبير تصل إلى 30X.



➢ **Activity 6.1: Millikan's oil drop experiment**

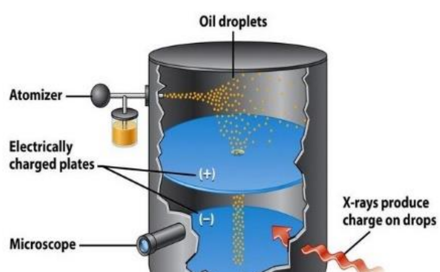
▪ How was the charge of the electron calculated?

Aims of the experiment:

1. Find the electron charge.
2. Prove that the charge of any object is multiple of the electron charge.

Hardware and Tools:

1. Millikan apparatus consist of two parallel plates, the distance between of them (8 mm).
2. High voltage source can be changed (through variable resistance acts as voltage breaker).
3. A drum containing an oil spray hole is located directly above the plates.
4. A side hole used for the passage of X-rays to ionize the air.
5. The chamber lamp is mounted on the side of the cylinder so that the oil droplets can be monitored by a microscope with a magnification of up to 30X.



نظرية التجربة:

▪ في سنة 1909 توصل ميليكان بمساعدة الأستاذ هارفي فلتشر *Harvey Fletcher* إلى قياس قيمة شحنة الإلكترون: $1.592 \times 10^{-19} C$ كولوم، بفارق بسيط عن القيمة المقبولة والمساوية $1.6 \times 10^{-19} C$

▪ وذلك عن طريق قيامه بتعريض قطرات زيت مشحونة لمجال كهربائي منتظم بين لوحي مكثف تفصل بينهما مسافة d، وبذلك تتعرض القطرات لقوى محصلتها صفراً على القطرة. ومن ثم قاس نصف قطر قطرة الزيت بطريقة العالم ستوك.

▪ كما وجد أن هذه الشحنة هي دائماً تشكل مضاعفات صحيحة لكمية ثابتة من الشحنة التي أعتبرها هي الشحنة الأساسية لشحنة الإلكترون ويعرف هذا بتكميم الشحنة.

Experiment Theory:

▪ In 1909, Millikan, with the help of Professor Harvey Fletcher, measured the value of the electron charge: $1.592 \times 10^{-19} C$, a slight difference from the acceptable value of $e = 1.6 \times 10^{-19} C$.

▪ By exposing charged oil droplets to a regular electric field between a capacitor plate separated by a distance d, the droplets are subjected to zero yield forces on the droplet. Then, He measured the radius of the oil drop in the Stoke way.

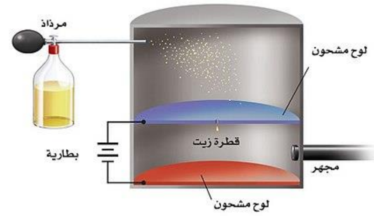
▪ He also found that this charge is always a valid multiplier of a fixed amount of charge that I consider to be the main charge of an electron charge. This is known as quantum charge.

Steps of the experiment:

- Millikan sprayed oil droplets into the upper chamber using an atomizer. Some fallen oil droplets were charged by friction with the positive top plate when it passed through a hole its diameter 0.5 mm.
- Millikan used an X-ray source to ionize air molecules in the lower chamber. The air lost some of its electrons that adhered to the oil droplets. The oil droplets now carry a negative charge.
- Millikan adjusted the voltage difference between the two panels, generating an electric field affecting the oil droplets. He Millikan was able to determine the mass of the oil drop from its terminal speed.

خطوات التجربة:

- قام ميليكان برش قطرات الزيت في الحجرة العلوية باستخدام المرذاذ. فشُحنت بعض قطرات الزيت الساقطة بسبب احتكاكها باللوح العلوي الموجب أثناء مرورها من فتحته قطرها 0.5 mm.
- قام بتعريض الحجرة السفلية لأشعة إكس لتأين جزيئات الهواء ففقد الهواء بعض إليكتروناته، التي التصقت بقطرات الزيت وشحنتها بشحنة سالبة.
- عدّل مليكان فرق الجهد بين اللوحين مما ولد مجال كهربائي يؤثر على قطرات الزيت. كما تمكّن ميليكان من تحديد كتلة قطرة الزيت من سرعتها النهائية.



6.5 Conclusion of charge equation | استنتاج علاقة حساب الشحنة 6.5

Conclusion of Mathematical Relationship to Calculate Charge:

- The following symbols will be used to find the relation of finding the shipment and the same constants and quantities used by Millikan in his experiment will be used:
  - (r): oil drop radius.
  - (ρ_{air}): mean density (air) $(1\ kg/m^3)$.
  - (ρ_{oil}): Oil density $(839\ kg/m^3)$.
  - (η_{air}): viscosity coefficient of air $(1.81\times10^{-5}\ N.s/m^2)$
  - (v_c): Terminal velocity of distance traveled with electric field
  - (v_E): Terminal velocity of distance traveled without electric field
  - (g): acceleration of gravity $(9.81\ m/s^2)$.
  - (V): voltage difference applied to the plates (968 V).
  - (d): distance between the plates $(8\times10^{-3}\ m)$.
  - (x): distance traveled by the oil drop in capacitor$(8.30\times10^{-4}\ m)$.

استنتاج العلاقة الرياضية لحساب الشحنة:

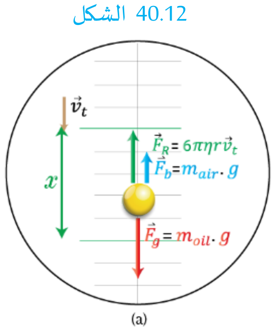
- سيتم استخدام الرموز التالية لإيجاد علاقة ايجاد الشحنة وسيتم استعمل نفس الثوابت والمقادير التي استخدمها مليكان في تجربته وهي:
  - (r): نصف قطر قطرة الزيت.
  - (ρ_{oil}): كثافة الزيت $(839\ kg/m^3)$.
  - (ρ_{air}): كثافة الوسط (الهواء) $(1.225\ kg/m^3)$.
  - (η_{air}): لزوجة الوسط (الهواء) $(1.60\times10^{-5}\ N.s/m^2)$.
  - (v_t) : السرعة الحدية للقطرة بغياب المجال.
  - (v_E): السرعة الحدية للقطرة بوجود المجال.
  - (g): تسارع الجاذبية الارضية $(9.81\ m/s^2)$.
  - (V): فرق الجهد المطبق على اللوحين $(968\ V)$.
  - (d): المسافة بين اللوحين $(8\times10^{-3}\ m)$.
  - (x): المسافة التي قطعتها قطرة الزيت داخل المكثف $(8.30\times10^{-4}\ m)$.

- The relation of charge calculation will be found in two cases. In the first case, the drop of oil falls under the influence of its weight and then find the radius of the oil drop. In the second case, an electric field is projected on the drop.

- سيتم إيجاد علاقة حساب الشحنة عن طريقة مرحلتين، في المرحلة الأولى يتم جعل قطرة الزيت تسقط تحت تأثير وزنها ثم ايجاد نصف قطر قطرة الزيت، وفي المرحلة الثانية يسلط مجال كهربائي على القطرة وبالاستفادة من معادلة نصف القطر نجد معادلة الشحنة.

First case (absence of electric field):

الشكل 40.12



- Making a drop of oil fall free fall According to Newton's second law, the drop accelerates until the forces acting on it are equal zero ($\Sigma\vec{F} = 0$), and then they travel at a constant speed called the terminal velocity. These three forces are:
- Buoyant force: And affect upward.

$$\vec{F}_b = m_{air}.g = V\rho_{air}g = \frac{4}{3}\pi r^3\rho_{air} \qquad .... (1)$$

المرحلة الأولى (بغياب المجال الكهربائي):

- جعل قطرة الزيت تسقط سقوط حر وحسب قانون نيوتن الثاني فإن القطرة تتسارع إلى أن تتساوى القوى المؤثرة عليها ومحصلتها صفراً $\Sigma\vec{F} = 0$ ، وعندها فإنها تسير بسرعة ثابتة تسمى السرعة الحدّية Terminal velocity. وهذه القوى الثلاث هي:
- القوة الأولى Buoyant force F_b: قوة طفو المائع وتؤثر للأعلى:

$$\vec{F}_b = m_{air}.g = V\rho_{air}g = \frac{4}{3}\pi r^3\rho_{air} \qquad .... (1)$$

1. By equations (5) and (11) we get the following equation
$$q.E - k\overrightarrow{v_E} = k\overrightarrow{v_t} \quad .... (13)$$
2. then we find that the charge is equal to:
$$q = \frac{k}{E}(v_t + v_E) \quad .... (14)$$
3. where k can be found from equation.(8)
4. We can combine equations (8, 9 and 14) together and get the equation required to calculate the charge:
$$q = \frac{18\pi d\eta^{3/2}(v_t + v_E)\sqrt{v_t}}{V\sqrt{2g(\rho_{oil} - \rho_{air})}} \quad .... (15)$$
5. To facilitate, substitute of the constants known in the previous equation (15) to become:
$$q = 2 \times 10^{-10}\frac{v_t^{3/2}}{V} \quad .... (16)$$
6. That It is required.

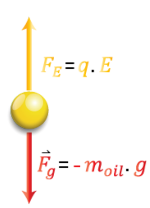
- بمساواة المعادلتين (5) و (11) نحصل على المعادلة التالية:
$$q.E - k\overrightarrow{v_E} = k\overrightarrow{v_t} \quad .... (13)$$
- ومنها نجد أنَّ الشحنة تساوي:
$$q = \frac{k}{E}(v_t + v_E) \quad .... (14)$$
- حيثُ يمكن أيجاد قيمة k من المعادلة (8).
- ونستطيع دمج المعادلات (8 و9 و14) معاً فنحصل على المعادلة المطلوبة لحساب الشحنة:
$$q = \frac{18\pi d\eta^{3/2}(v_t + v_E)\sqrt{v_t}}{V\sqrt{2g(\rho_{oil} - \rho_{air})}} \quad .... (15)$$
- للتسهيل نعوض الثوابت المعروفة في المعادلة السابقة (15) فتصبح:
$$q = 2 \times 10^{-10}\frac{v_t^{3/2}}{V} \quad .... (16)$$
- وهو المطلوب.

7. Millikan found that droplets had different charge, but each was a whole number multiple of a smaller charge equal to ($q_e = -1.592 \times 10^{-19}C$). Millikan concluded that this was the fundamental until of charge, the charge of an electron.
8. Q = n.e, where n is the number of electrons carried by the drop.
9. From the charge of an electron and the charge to mass ratio of an electron (e/m the charge of the electron relative to its mass) determined by Thomson using a cathode ray tube which is equal to (-1.758×10^{11} C/kg), Millikan was able to calculate the mass of an electron. The mass of an electron ($m_e = 9.11 \times 10^{-31}kg$), is an exceedingly small mass.

- وجد ميليكان أن القطرات لها شحنات مختلفة، تساوي دائما عدد صحيح هو مضاعفات لشحنة أصغر تساوي ($q_e = -1.592 \times 10^{-19}C$)كولوم. وأعتبرها هي الشحنة الأساسية لشحنة الإلكترون.
- $Q = n.e$ ، حيثُ n عدد الإلكترونات التي تحملها القطرة.
- قام مليكان بحساب كتلة الإلكترون: من قيمة الشحنة النوعية للإلكترون (شحنة الإلكترون بالنسبة لكتلته $e/m_e = \frac{v}{Br}$) التي حددها طومسون باستخدام أنبوب أشعة الكاثود والتي تساوي ($-1.758 \times 10^{11}\ C/kg$)، فكانت كتلة الإلكترون ($m_e = 9.11 \times 10^{-31}kg$) غرام، وهي كتلة صغيرة للغاية.

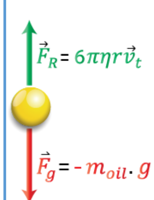
6.5 Conclusion of charge equation | استنتاج علاقة حساب الشحنة 6.5

- طريقة أخرى لاستنتاج العلاقة الرياضية لحساب الشحنة:
- الخطوة الأولى: هي جعل قطرة الزيت تتعلق بين اللوحين بسبب تساوي قوة وزنها إلى أسفل مع قوة المجال الكهربائي إلى اعلى.



$$\Sigma\vec{F} = F_E - F_g = 0$$
- حيثُ
$$\vec{F}_g = m.g = \frac{4}{3}\pi r^3\rho_{oil}.g$$
$$F_E = q.E = q.\frac{V}{d}$$
- وبمساواة الطرفين نحصل على العلاقة التالية:
$$q = \frac{mgd}{V} = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3\rho_{oil}gd}{V} \quad ... \quad (17)$$
- لإيجاد قيمة الشحنة يجب معرفة كتلة القطرة أو نصف قطر قطرة الزيت. التي نجدها من الخطوة الثانية.

- الخطوة الثانية: لحساب نصف قطر قطرة الزيت نجعل القطرة تسقط بسرعة حدّية v_t. وبإهمل قوة الطفو، يكون وزن القطرة مساوياً لقوة ممانعة الهواء (قوة اللزوجة).



$$F_g = F_R$$
- حيثُ
$$v_t = \frac{x}{t}$$
- وبمساواة الطرفين نحصل على العلاقة التالية:
$$mg = \frac{4}{3}\pi r^3\rho_{oil}.g = 6\pi\eta r\overrightarrow{v_t}$$
$$r = \sqrt{\frac{9\eta v_t}{2g\rho_{oil}}}$$
ثم نعوض هذه المعادلة في المعادلة (17) لنحصل على قانون الشحنة.

Date: 20....../......./....... التاريخ   Name .... الاسم

1. Why does the oil drop reverse when the voltage applied to the plates is turned off?

1. لماذا تعكس قطرة الزيت اتجاهها عند إيقاف الجهد المطبّق على اللوحين؟

2. What is the X-ray function in the Millikan experiment?

2. ما هي وظيفة الاشعة السينية في تجربة ميليكان؟

3. What are the forces influencing the oil drop when applying an effort and in its absence?

3. ما هي القوى المؤثرة على قطرة الزيت عند تطبيق جهد وفي حالة غيابه؟

4. Conclude the mathematical relationship through which we find the electric charge?

4. أستنتج العلاقة الرياضية التي نجد من خلالها الشحنة الكهربائية؟

تجربة قطرة الزيت لمليكان

ورقة عمل

MILLIKAN'S EXPERIMENT 4006

Date: 20....../......./....... التاريخ | الفيزياء: الكهرباء الساكنة | Name .... الاسم

1. How could oil drops be hung between the plates?

1. كيف أمكن جعل قطرات الزيت معلّقة بين اللوحين؟

2. How do oil drops become charged?

2. كيف تصبح قطرات الزيت مشحونة؟

3. What is the conclusion reached by Millikan about the electron charge?

3. ما الاستنتاج الذي توصل إليه مليّكان حول شحنة الإلكترون؟

4. Millikan's experiment shows that the charge is quantized, what does that mean?

4. بيّنت تجربة ميلّيكان أن الشحنة مكمّمة، ما الذي يعنيه ذلك؟

5. Which panels are the oil droplets attracted?

5. نحو أيّ اللوحين تنجذب قطرات الزيت؟

6. What values did Millikan use to calculate the charge of an electron?

6. ما القيم التي استخدمها مليّكان لحساب شحنة الإلكترون؟

رابط القناة

فيديو الدرس

